

EMALCA PARAGUAY 2007

Informe de Roberto Markarian y Christian E. Schaerer, noviembre 2007

La Escuela de Matemática de Latinoamérica y el Caribe en su versión EMALCA PARAGUAY 2007 fue organizada por la Comisión para el Fortalecimiento de la Matemática en el Paraguay y auspiciada por la Facultad de Ingeniería - FIUNA, la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - FACEN, ambas de la Universidad Nacional de Asunción, y la Unión Matemática de América Latina y el Caribe-UMALCA. Se realizó en el local de la Facultad de Ingeniería en el Campus Universitario, que aportó la infraestructura para la realización de esta Escuela. Se contó con los aportes financieros principales de la FIUNA y la FACEN, del CIMPA, de la UNESCO y de la Asociación de Universidades "Grupo de Montevideo" (AUGM). Contó con el apoyo del Programa Sud-Americano de apoyo a las actividades de cooperación en ciencias y Tecnología – PROSUL- de Brasil, así como de las Olimpiadas de Matemáticas del Paraguay, la Sociedad Científica y del CONACYT, de Paraguay, del IMERL de la Universidad de la Republica, de Uruguay, y del Instituto de Matemática Pura y Aplicada - IMPA – de Brasil.

Esta EMALCA en el Paraguay fue la segunda organizada en el Paraguay como continuación de las actividades de la Comisión. Eventos previos incluyen la EMALCA Paraguay 2005 y los cursos: Análisis en la Recta, Álgebra Lineal e Introducción a la Teoría de Probabilidades. Así, la continuidad de las actividades en el área esta permitiendo valorizar, fomentar y estimular el proceso de post-graduación que se esta desarrollando en el Paraguay y demuestra la seriedad del trabajo de consolidación del estudio de matemática. Esta EMALCA 2007, permitió terminar un ciclo de actividades y comenzar un nuevo que permita madurar el proceso de creación de un cuerpo de investigación en el área y así contribuir al desarrollo de las actividades de investigación, enseñanza y desarrollo en sus países.

RESPONSABLES DE LA ESCUELA

- Roberto Markarian - IMERL - Universidad de la República, Montevideo - Uruguay.
- Christian E. Schaerer - IMPA - Instituto de Matemática Pura y Aplicada - Brasil.

COORDINACION LOCAL

- Rodrigo Ramos - FIUNA - Universidad Nacional de Asunción - Paraguay.
- Sixto Samuel Pérez - FACEN - Universidad Nacional de Asunción - Paraguay.

Se contó con la colaboración de Ing. Delia Cohenca (FIUNA) en secretaria, y de Ing. Ramón Pistilli en la administración financiera y el apoyo logístico de FIUNA.

COORDINACION DE LOS CURSOS PARA JOVENES

- Gabriela Gómez - OMAPA - Olimpiadas de Matemática del Paraguay - Paraguay.

DIFUSION E INSCRIPCION

La difusión fue realizada a través de la página Web de la FIUNA, además se enviaron invitaciones a todas las Universidades del país, instituciones públicas y a varias universidades del norte de Argentina.

ASPECTOS FINANCIEROS

El costo total de la Escuela fue de 8000 dólares estadounidenses, aproximadamente. Los aportes principales estuvieron dirigidos a los objetivos indicados:

- FIUNA: Estadías de dos profesores, combustible de transporte para profesores y alumnos, gastos generales de insumos, administración, secretaría y promoción.

- FACEN: Estadías de dos profesores.
- UNESCO: Pasaje y complemento de estadía de un profesor, pasajes y estadías de alumnos de fuera de Asunción.
- CIMPA: Pasajes y complementos de estadía de tres profesores, fotocopias y otros materiales.
- AUGM: Pasaje de un profesor

ASPECTOS GENERALES

La EMALCA PARAGUAY 2007 consistió en cuatro cursos:

1. Álgebra lineal y geometría analítica dictado por Leandro Cagliero, CIEM-FAMAF, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. [curso dirigido especialmente a jóvenes que se destacaron en las Olimpíadas]
2. Introducción a los elementos finitos dictado por Maicon Ribeiro Correia, Laboratorio Nacional de Computación Científica - LNCC, Brasil.
3. Introducción a los sistemas dinámicos dictado por Roberto Markarian, IMERL-Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Uruguay.
4. Optimización dictado por Juliano B. Francisco - Departamento de Matemática, Universidad Federal de Santa Catarina.

La escuela contó con 100 inscriptos de las facultades de ingeniería, politécnica, matemática, física y de las olimpiadas de matemática del Paraguay. Además de paraguayos, hubo una alumna de nacionalidad argentina. Los exámenes fueron rendidos por 32 alumnos (curso de Leandro Cagliero), 5 alumnos (Juliano Francisco), 20 alumnos (Maicon Correia), 14 alumnos (Roberto Markarian). Los alumnos aprobados son:

1. Álgebra lineal y geometría analítica: Nair Aguilera, Rodrigo Benitez, Guillermo Cabral, Joel Colman Avalos, Go Un Choi Chang, Freddy Fernando Ferreira Acosta, Marco Antonio Franco Martínez, Ezequiel Gamarra, Heriberto Gonzalez, Guillermo Gonzalez Rodas, Ivan Hazevich, Marcos Martínez, Oscar Noguera, Daisy Carolina Olazar Armoa, Nelson Paez, Osmar Quinonez, Carlos Ramírez, Gabriela Ratti, Diego Daniel Sanabria, Ariel Schwartzman Cohenca, Natalia Maria Sosa Benítez, Jesús Torres, Kevin Valdez, Sara Wiegert, Alan Zillich.
2. Introducción a los elementos finitos: Carlos Antonio Galeano Rios, Carlos E. Sauer, Eduardo de Los Santos, Hugo Checo Silva, Inocencio Esteban Ortiz Samadio, Maria Emilia Castillo, Mauricio Poletti, Nadia Montserrat A. Palacios, Pedro Juan Torres Lopes, Roberto A. Viveras Vera.
3. Introducción a los sistemas dinámicos: María Rosa Blanc Recalde, Hugo Checo Silva, Carlos Antonio Galeano, Alejandro Giangreco, Francisco Munizaga, Mauricio Poletti, David Schwartzman, Roberto A. Viveros Vera.
4. Optimización: Carlos Sauer, Pedro Juan Torres, Maria Emilia Castillo.

Se realizaron también charlas de motivación en diferentes unidades de la UNA y en otras instituciones: “Algoritmos de campo autoconsistente para el cálculo de estructuras electrónicas” dictada por el Prof. Juliano Francisco y “Métodos de elementos finitos estabilizados para escoamiento de Stokes - Darcy” por el Prof. Maicon Correia. Ambas charlas en la facultad de Politécnica. Así mismo, el Prof. Roberto Markarian dictó charla en la Sociedad Científica del Paraguay sobre “La ciencia matemática: cooperación y utilidad”. El prof. Leandro Cagliero dictó dos charlas, la primera, “Diseción de figuras en el plano”, en la OMAPA y la segunda, “Los fantásticos números primos”, en la Facultad de Ingeniería. La primera charla del Prof. Cagliero contó con la participación de alumnos de diferentes puntos del Paraguay. Todas estas actividades muestran el gran interés que existe en el Paraguay por el área y la gran necesidad de

actividades como esta Escuela que abarquen todo el Paraguay.

COMENTARIOS GENERALES

En términos generales y basados en resultados comparativos de, en particular, el curso de Introducción a los Sistemas Dinámicos (que fue también dictado en la EMALCA - Paraguay 2005), podemos notar un avance significativo y buenas perspectivas para seguir progresando en la formación de jóvenes matemáticos. Consideramos esto un logro significativo a ser resaltado en todas las actividades. Varios jóvenes mostraron que necesitan tiempo de maduración para progresar en estudios avanzados y serios de matemática.

En relación con la parte organizativa local, cabe anotar la lamentable ausencia del Prof. Cano (a quien se rindió homenaje en la inauguración de la Escuela y en la Conferencia en la Sociedad Científica). Tuvimos algunos problemas en la gestión administrativa, en comparación a anteriores ediciones. Nos parece importante anotar que con el crecimiento del interés en el estudio de las matemáticas en el Paraguay y su comprensión por parte del cuerpo docente de las diferentes instituciones paraguayas, es necesario orientarse hacia la conformación de una estructura más permanente que permita la maduración de los alumnos en el marco del proceso comenzado.

Es recomendable que continúe el asesoramiento de la Comisión a las instituciones paraguayas (universitarias, gubernamentales, la Sociedad Científica del Paraguay, etc.) de manera de orientar los recursos y la formación o consolidación de estructuras para el fortalecimiento de las matemáticas en el Paraguay.

CONCLUSIONES Y PROPUESTAS

Proponemos la realización durante 2008 y 2009 de cursos del mismo tenor que los realizados durante 2006 (análisis en la recta y álgebra lineal) y 2007 (introducción a la teoría de probabilidades). Consideramos adecuado el planteamiento de mecanismos con las instituciones que lideran este proceso en la Universidad Nacional de Asunción que permitan simplificar las formas de la gestión de los recursos financieros locales. Las actividades que sugerimos son:

- Curso de espacios métricos y topología,
- Curso de Ecuaciones diferenciales,
- Curso de Optimización y
- EMALCA -PARAGUAY 2009.

Roberto Markarian, D.Sc. IMERL - Universidad de la República, Montevideo - Uruguay. **Christian E. Schaerer, D.Sc.** IMPA, Brasil. Politécnica - UNA, Paraguay.

ANEXO 1

Informe final del curso introducción a los sistemas dinámicos.

Profesor Roberto Markarian, IMERL, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay

La siguiente fue la información previa al curso y el programa que se pensó desarrollar.

En lenguaje coloquial se puede considerar que la rama de la matemática denominada sistemas dinámicos, involucra el estudio formalizado de los movimientos. Por ello está relacionada con las ecuaciones diferenciales, que modelan una parte importante de los sistemas que son de interés para la humanidad.

A efectos de colaborar en la definición del nivel básico del curso que será dictado en la EMALCA PARAGUAY

2007, creo útil que los posibles alumnos conozcan bien temas relacionados con el estudio cualitativo de ecuaciones diferenciales ordinarias. Estos temas son habitualmente tratados en textos de ecuaciones diferenciales ordinarias. Por ejemplo:

- Guedes de Figueiredo, D - Freiria Neves, A: **Equações Diferenciais Aplicadas**. Rio de Janeiro: IMPA 307p (1997)
- Palis, J. -de Melo, W: **Introducao aos sistemas dinamicos**, Projeto Euclides, 6. Rio de Janeiro: Instituto de Matematica Pura e Aplicada, CNPq. VIII, 190 p (1978). Hay versión en inglés: **Geometric theory of dynamical systems. An introduction**. New York - Heidelberg - Berlin: Springer-Verlag. 198 p (1982).
- de Guzmán, M.: **Ecuaciones diferenciales ordinarias. Teoría de estabilidad y control**. Madrid: Editorial Alhambra, S. A. 300 p (1975).

Para facilitar estos estudios ponemos a disposición un libro que ha sido usado en cursos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República (Uruguay). El texto puede ser considerado demasiado extenso, pero es muy explicativo y contiene muchos ejemplos y ejercicios. Recomendando especialmente leer el Capítulo 3 y las Secciones 1.5, 1.6 y 1.7 (del Capítulo 1). En principio, algunos de esos temas serán prerrequisitos del curso, aunque merecerán un repaso en las primeras clases. Ver el índice en pags vii-ix de <http://www.fing.edu.uy/~omargil/ecdif/texto00.pdf>

- Estudio cualitativo de ecuaciones diferenciales. Teoremas de existencia y unicidad de soluciones.
- Estabilidad Liapunov. Teoremas directos y recíprocos. Aplicaciones a teoría de control.
- Sistemas Dinámicos. Dinámica topológica. Clasificación de puntos periódicos. Recurrencias. Conjuntos errantes. Teoremas de recurrencia de Poincaré.
- Hiperbolicidad. Estabilidad. Puntos fijos hiperbólicos. Teorema de Hartman-Grosmann, Difeomorfismos de Anosov. Herradura de Smale. Dinámica hiperbólica.
- Elementos de dinámica caótica. Ejemplos. Aplicaciones: dinámica de poblaciones, billares.

Se dictaron, entre 1 y 11 de octubre, 9 clases de más de 1 hora y media cada una y se atendieron consultas en variados horarios, especialmente en la hora anterior a la de las clases.

Se desarrollaron casi completamente los tres primeros y el último puntos del programa, agregándose elementos del Teorema de Poincaré Bendixson, para flujos en el plano.

Los textos de referencia fueron el primer libro arriba indicado (Guedes-Freiria) y notas de Martín Sambarino sobre dinámica hiperbólica para una anterior EMALCA.

Comenzaron el curso 28 alumnos, lo terminaron alrededor de 20 y rindieron la prueba, el día 12 de octubre, 14 alumnos. Aprobaron (se indican las notas en una escala de aprobación de 5 a 10) Blanc, Ma. Rosa (5); Checo, Hugo (6); Galeano, Carlos (8.5); Giangreco, Alejandro (6); Munizaga, Francisco (6.5); Poletti, Mauricio (8.5); Schvartzman, David (5); Viveros, Roberto (7).

Eduardo De los Santos (que no aprobó la prueba) y los que aprobaron con notas bajas son jóvenes estudiantes con poca formación previa para un curso avanzado como este. Creo necesario destacar que las preguntas que realizaron, la resolución de ejercicios, etc. mostraron que sólo necesitan algún tiempo de maduración para progresar en estudios serios de matemática. Por su desempeño global destaco a Galeano, Poletti y Viveros.

Los resultados comparativos entre este y un curso similar dictado en la anterior EMALCA - PARAGUAY 2005, muestran un gran avance y buenas perspectivas para seguir progresando en la formación de jóvenes matemáticos.

Dicté, el 9 de octubre, una conferencia sobre "La ciencia matemática: cooperación y utilidad" en la Sociedad Científica del Paraguay, convocada por esa institución y el CONACYT. A continuación el resumen de la conferencia: El disertante ha participado en diversas acciones de promoción de la matemática en el continente. Explicará sus alcances y dificultades. Se referirá también a la "utilidad" de la matemática y sus objetos.

Montevideo, 20 de octubre de 2007

Informe final del curso de introducción a los elementos finitos. Prof. Maicon Ribeiro Correa, LNCC, Brasil

A modelagem matemática de fenômenos naturais tais como problemas mecânicos, hidrológicos, biológicos, etc,

resulta na obtenção de sistemas compostos por equações diferenciais que, em geral, são de diferentes naturezas. Uma vez definido um modelo, segue-se à busca de sua solução. Métodos matemáticos para a obtenção de soluções exatas só são aplicáveis a alguns poucos casos particulares e o desenvolvimento de métodos numéricos para a busca de soluções aproximadas é vital para a simulação realística de tais fenômenos. Neste sentido, destaca-se o método dos elementos finitos, que consiste em uma técnica geral para construir soluções aproximadas para sistemas de equações diferenciais. Sua base está na divisão do domínio da solução em um número finito de subdomínios - os elementos finitos - e na utilização de conceitos variacionais para construir uma aproximação da solução sobre a coleção de elementos finitos. Com isso, alia a vantagem de poder aproximar soluções definidas em domínios geometricamente complexos ao fato de possuir uma forte base matemática.

Neste curso foram apresentadas as bases matemáticas e a construção do método dos elementos finitos para equações diferenciais ordinárias e ilustradas algumas de suas características computacionais, segundo os seguintes tópicos:

Modelagem Computacional: Observação da Natureza, Modelagem Físico-Matemática: uma aproximação da natureza, Métodos Numéricos: uma aproximação para a solução matemática.

Equações diferenciais ordinárias: Forma Forte ou pontual de representação de modelos matemáticos Problemas de Valor de Contorno. Formulações Variacionais: Forma Fraca de uma equação diferencial Equivalência com o Problema de Extremos de Funcionais.

Cálculo Variacional: Incremento de um funcional, Variação de um funcional, Condição necessária para um extremo, Introdução aos espaços de funções normados e com produto interno.

Métodos Variacionais: Espaços de funções de busca e de teste, Métodos dos Resíduos Ponderados, Método de Colocação, Método de Galerkin

Método dos Elementos Finitos: Construção da funções base para o método de Galerkin, Estudo da Regularidade necessária, Partição do domínio: definição de uma malha de elementos finitos, Funções Globais e Locais, Matrizes de Rigidez e termos de Fonte Globais e Locais, Cálculo a partir de um elemento padrão, Matriz de conectividades, Construção das matrizes globais a partir do elemento padrão, Exemplo bidimensional.

O curso teve duração de 12 horas, sendo dividido em 8 aulas de uma hora e meia. Ao final, 24 alunos receberam o certificado de assistência por terem comparecido a mais de 70% das aulas, de um total de 26 alunos inicialmente e três posteriormente inscritos. Esta frequência demonstra o grande interesse ao tema abordado, indicando a possibilidade de cursos correlatos em níveis mais avançados.

Abaixo segue o resultado do exame do curso "Introdução ao Método dos Elementos Finitos" com o Conceito final.

NOME.....	NOTA	CONCEITO
Carlos Antonio Galeano Rios.....	8.9	A
Carlos E. Sauer.....	10.0	A
César Francisco Bogado Martinez....	4.2	D
Eduard Dyck.....	4.9	D
Eduardo de Los Santos.....	7.9	B
Guilhermo J. Gonzalez Rodas.....	0.9	D
Gustavo Rivas.....	4.2	D
Hugo Checo Silva.....	9.0	A
Inocencio Esteban Ortiz Samadio....	7.7	B
Juan Carlos Cabral Figueiredo.....	2.2	D
Maria Emilia Castillo.....	8.5	B
Mauricio Poletti.....	9.0	A
Nadia Montserrat A. Palacios.....	6.1	C
Pedro Juan Torres Lopes.....	8.8	A
Roberto A. Viveras Vera.....	9.5	A
Rolando Cuevas.....	4.7	D

Todos os Alunos estão parabenizados!

Os Alunos com conceito "A", "B" e "C" devem receber o certificado de aprovação e

de assistência. Os Alunos com conceito "D" devem receber o certificado de assistência. Os Alunos abaixo relacionados devem receber o certificado de assistência. Roger Armoa, Oscar Andres, Go Un Choi Chang, Gustavo Adolfo Fernando Torales, Hector Omar, Ruben Lopez, Emilio Ramon, Enrique Visser

Maicon Ribeiro Correa

Petrópolis, 15 de outubro de 2007

Evaluación Final del curso de elementos de álgebra lineal y geometría analítica. Prof. Leandro Cagliero, CIEM - FAMAF, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Modalidad. El curso consistió 8 clases teóricas y de 7 clases practicas, cada una de ellas de 2 horas, totalizando 30 horas de curso.

Las clases prácticas contaron con 4 guías de trabajos prácticos que consistían de ejercicios y problemas que los estudiantes debían realizar.

Contenidos. Los temas cubiertos en el curso fueron los siguientes:

Cap 1. *Sistemas de ecuaciones*

- Sistemas de ecuaciones lineales y su representación matricial.
- Operaciones elementales por filas, eliminación gaussiana.

Cap 2. *Álgebra matricial.*

- Suma y producto de matrices.
- Definición de espacio vectorial, ejemplos
- Matrices inversibles.
- Determinantes. Autovalores y autovectores de una matriz.

Cap 3. *Geometría Analítica de $\mathbf{R}^2$ y $\mathbf{R}^3$.*

- Vectores y puntos de $\mathbf{R}^2$ y $\mathbf{R}^3$.
- Suma, producto por escalar y producto escalar.
- Longitud, distancia y ángulos.
- Rectas en $\mathbf{R}^2$ y $\mathbf{R}^3$, descripciones paramétricas e implícitas.
- Producto vectorial en $\mathbf{R}^3$, Áreas y volúmenes.
- Planos en $\mathbf{R}^3$, descripciones paramétricas e implícitas.

Asistencia. A las clases teóricas asistieron regularmente más de 40 alumnos. Aproximadamente la mitad de ellos eran estudiantes jóvenes que todavía no habían finalizado sus estudios secundarios; otros 8 a 10 eran estudiantes de primer o segundo semestre de alguna carrera afín a la matemática, y el resto eran personas de más de 30 años.

A las clases prácticas asistían, dependiendo del día, entre 15 y 25 personas.

Evaluación. Consistió de una prueba escrita al final del curso que contenía problemas que estaban en consonancia con los ejercicios y problemas de las guías de trabajos prácticos. Estas pruebas fueron calificadas con nota del 1 al 10 resultando aprobadas aquellas cuya nota fuera mayor o igual a 5 puntos.

En total aprobaron 27 estudiantes.

ELEMENTOS DE ALGEBRA LINEAL Y GEOMETRIA

Apellidos	Nombres	Notas	Condición
Adorno Benitez	Gloria Beatriz		
Aguilera	Nair	5	Aprobado
Amarilla	Cesar Daniel		
Armoa	Roger	4	NA
Arrieta Dejesus	Hernan David		

Balbuena Mendoza	Lida Soledad		
Benitez	Rodrigo	7	Aprobado
Cabral	Guillermo	9	Aprobado
Colman Avalos	Joel	5	Aprobado
Choi Chang	Go Un	9	Aprobado
Duarte Verdun	Juan Ramon	4	NA
Espinola Mena	Gustavo Enrique	10	Aprobado
Fernandez Torales	Gustavo Adolfo		
Ferreira Acosta	Freddy Fernando	7	Aprobado
Franco Martinez	Marco Antonio	7	Aprobado
Gamarra	Ezequiel	8	Aprobado
Gonzalez Cabrera	Hector Omar		
Gonzalez	Heriberto	5	Aprobado
Gonzalez Rodas	Guillermo	5	Aprobado
Hazevich	Ivan	5	Aprobado
Lopez Escobar	Rodrigo	4	NA
Martinez	Marcos	8	Aprobado
Miranda	Alberto	4	NA
Mora Peralta	Carlos Alberto		
Molinas	Juan Evelio		
Noguera	Oscar	5	Aprobado
Olazar Armoa	Daisy Carolina	7	Aprobado
Olmedo Garay	Benigno Ricardo		
Ortiz Trepowski	Emilio Ramon		
Paez	Nelson	5	Aprobado
Quiñonez	Osmar	7	Aprobado
Ramirez	Carlos	5	Aprobado
Ratti	Gabriela	10	Aprobado
Reyes	Aldo	5	Aprobado
Riveros	Fernando Arturo		
Rojas	Eduardo		
Romero Riveros	Jesus Maria		
Sanabria	Diego Daniel	8	Aprobado
Santacruz Zarate	Gustavo		
Schvartzman Cohenca	Ariel	8	Aprobado
Sosa Benitez	Natalia Maria	8	Aprobado
Torres	Jesus	7	Aprobado
Valdez	Kevin	5	Aprobado
Villagra Riquelme	Marcos Daniel		
Visser	Enrique	4	NA
Wiegert	Sara	5	Aprobado
Zillich	Alan	8	Aprobado

Evaluación Final del curso de optimización. Prof. Juliano B. Francisco, Departamento de Matemática, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.

A Otimização é uma área da matemática que permeia diversos campos das ciências aplicadas. Em termos gerais, estamos interessados em procurar pontos (mínimos globais ou locais) em um determinado subconjunto do domínio de uma certa função matemática, de modo que apresentem algum interesse físico. O objetivo deste curso é estudar ferramentas teóricas e práticas usuais que possibilitem resolver de maneira eficiente um problema de otimização, bem como fornecer subsídios teóricos para os alunos que almejam seguir seus estudos nesta área de pesquisa.

No dia 01 de outubro de 2007 iniciou-se o curso de Otimização na Escuela de Matemática da América Latina y el Caribe (EMALCA) em Assunción, Paraguay, ministrado pelo professor Juliano de Bem Francisco da Universidade Federal de Santa Catarina.

O curso baseou-se, principalmente, na referência [1]. Inicialmente foram planejadas seis unidades, entretanto, em virtude de limitações de tempo, o tópico “Método do Gradiente Conjugado” foi deixado como exercício de leitura. O curso foi proferido em 14 horas, permeando cinco tópicos principais de otimização, os quais são colocados a seguir:

- Unidade I - Introdução ao Problema de Otimização: notação, definições, resultados fundamentais e classificação dos problemas de otimização;
- Unidade II - Condição de Otimalidade: condições necessárias e suficiente de 1ª e 2ª ordem, condições de Karush-Kuhn-Tucker (KKT) e dualidade em problemas de otimização;
- Unidade III - Sistemas de Equações Não-Lineares: métodos de Newton, Quase-Newton, Newton Inexato e propriedades de convergência;
- Unidade IV - Minimização Irrestrita: busca linear usando backtracking, métodos tradicionais de otimização (Máxima descida, Newton, Quase-Newton e Newton Inexato);
- Unidade V - Minimização Restrita: métodos de barreira, penalidade externa e Lagrangeano Aumentado.

O curso foi encerrado com aproximadamente 15 alunos, dentre os quais 5 compareceram para realizar a prova final, aplicada no dia 12 de outubro de 2007. Os conceitos finais são colocados abaixo (Os Alunos com conceito "A" e "C" devem receber o certificado de aprovação):

Aluno	Conceito
Pedro Gardel	D
Carlos E. Sauer	C
Pedro Juan Torres	C
Maria Emilia Castillo	A
Juan José Cáceres Silva	D

Bibliografia

- [1] J. M. Martínez; S. A. Santos. Métodos Computacionais de Otimização. 1 ed. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Matemática, 1995.
- [2] D. G. Luenberger. Linear and Nonlinear Programming. 2 ed. Addison-Wesley Publishing Company. 1984.